

La cura del dettaglio come condizione per l'efficienza energetica degli edifici scolastici

SAGGI E
PUNTI DI VISTA/
ESSAYS AND
POINTS OF VIEW

Massimo Rossetti, Dipartimento Culture del progetto, Università Iuav di Venezia, Italia
Domenico Pepe, Consulente CasaClima

rossetti@iuav.it
ingdomenicopepe@gmail.com

Abstract. La cura del dettaglio costruttivo dovrebbe tornare a essere al centro del progetto di architettura, soprattutto in considerazione delle possibili ricadute negative causate da errate soluzioni tecniche. Ciò è tanto più vero nel caso dell'efficienza energetica e delle prestazioni termiche, in quanto errori nei dettagli possono compromettere il comportamento igrotermico dell'intero edificio, e particolarmente nel caso di utenze più fragili, come nel caso delle scuole. Il paper intende presentare lo stato dell'arte dell'edilizia scolastica in Italia, con particolare riferimento alle politiche di riqualificazione, sottolineando l'importanza di un'adeguata progettazione tecnologica.

Parole chiave: Edilizia scolastica, Recupero, Riqualificazione energetica, Ponti termici, comfort interno

Introduzione

Il miglioramento delle condizioni di educazione e formazione nelle scuole pubbliche è uno dei grandi temi al centro dell'agenda politica degli ultimi anni; dove con 'condizioni' si intende non solo l'architettura della formazione, ma anche l'architettura vera e propria, quindi gli edifici adibiti alla formazione (asili, scuole medie e secondarie, ecc.). Il ripetersi di fatti di cronaca che riportano, con conseguenze di diverso grado ma ugualmente gravi, danni alle strutture scolastiche e talvolta anche agli utenti, denunciano una situazione che non può più essere nascosta: la scarsa qualità dell'edilizia scolastica in Italia. Scarsa qualità che si presenta in differenti ambiti (prestazioni, servizi, ecc.) e che, in ultima analisi, può tradursi in due questioni principali: potenziale pericolo per gli occupanti (scolari, insegnanti, personale) e condizioni negative per perseguire importanti politiche di formazione. A questo proposito, non possono essere equivocabili le parole della Ministra Stefania Giannini: «L'agenda politica si costruisce e si deve costruire soprattutto attorno a una visione e a un modello di società: nella fattispecie, una società in cui il sistema educativo diventi la leva più efficace per lo Stato e per i

cittadini, per perseguire le finalità politiche più importanti, cioè la crescita civile, lo sviluppo economico e l'equità sociale. Sono tre compiti che, a partire dall'educazione, ma non esclusivamente contenuti in essa, la classe politica può e deve perseguire, particolarmente in questi tempi»¹.

La riqualificazione energetica degli edifici scolastici è uno dei passaggi obbligati per giungere a tali obiettivi di crescita, sviluppo ed equità: «La necessità di rivedere le modalità di intervento sul patrimonio esistente nasce anche dall'esigenza di intervenire in una logica complessiva, considerando allo stesso tempo la sicurezza, innanzitutto sismica e idrogeologica, degli edifici, la loro sostenibilità ambientale, con particolare attenzione ai consumi energetici, l'opportunità di razionalizzare l'infrastruttura scolastica nel suo insieme ma anche l'obbligo di assicurare la piena rispondenza funzionale delle strutture alle nuove esigenze didattiche e ad una nuova concezione degli spazi per l'apprendimento»².

Il ruolo della riqualificazione nel settore delle costruzioni

Il settore della riqualificazione è al momento l'unico che presenti un trend positivo, considerando gli andamenti degli ultimi anni.

Osservando i dati, infatti, si vede come nel periodo 2008-2014 gli investimenti nel settore delle costruzioni siano calati complessivamente di circa il 32%, diminuendo in tutti gli ambiti (nuove costruzioni, residenziale, non residenziale, pubblico, privato, ecc.), tranne nella manutenzione straordinaria, che presenta una crescita del 20% (ANCE, 2014). Gli stessi dati recenti sulla suddivisione del mercato delle costruzioni danno il settore del rinnovo, come somma di manutenzione ordinaria e straordi-

The care of detail as condition for energy efficiency in school buildings

Abstract. The attention to construction details should return to be the centre of architectural design, especially thinking about the possible negative effects caused by incorrect technical solutions. This is even truer in the case of energy efficiency and thermal performance, since errors in details may compromise the hygrothermal behaviour of the entire building, and particularly in case of more fragile users, as in schools. The paper aims to examine the state of the art of school buildings in Italy, with particular reference to requalification policies, emphasizing the importance of appropriate technology design.

Keywords: School buildings, Refurbishment, Energy requalification, Thermal bridge, Internal comfort

Introduction

Improvement of conditions of education in public schools is one of the major issues of the political agenda during recent years; where 'conditions' is not only the structure of education, but also the architecture itself, referred to the all educational buildings (kindergartens, middle and high schools, etc.). The high number of events that report, with different consequences but equally serious, damage to school facilities and sometimes to users, show a situation that can no longer be hidden: the poor quality of schools in Italy. Poor quality that is present in different ways (performance, services, etc.) and that, ultimately, can lead to two main issues: the potential risk to users (children, teachers, staff) and negative conditions to pursue important educational policies. Concerning this, the words of Minister Stefania

Giannini cannot be misunderstood: «The political agenda is built and must be built particularly on a vision and a model of society: in this case, a society where the educational system becomes the most effective leverage for the State and for citizens to achieve more important political targets: civil growth, economic development and social equity. These are three tasks, starting from education, but not exclusively contained in it, that politicians can and should pursue, especially in these times»¹.

Energy requalification of schools is one of the steps required to achieve targets of growth, development and equity: «The need to review the way of working on existing building stock also arises from the need to work in an overall logic, considering at the same time security, firstly seismic and hydrogeological, environmental sustain-

naria, pari ai due terzi dell'intero settore delle costruzioni (Servizio Studi-Dipartimento Ambiente della Camera dei Deputati/Cresme, 2014).

La fotografia dell'odierno settore delle costruzioni in Italia riporta quindi il recupero come l'unico con una tendenza positiva, in linea con quanto indicato anche dall'Europa che con la Direttiva 2012/27/UE³ sull'efficienza energetica, recepita in Italia nel luglio 2014, chiede agli Stati Membri di dotarsi di un piano di azione per il finanziamento di interventi di riqualificazione di edifici residenziali e terziari, pubblici e privati.

In Italia, tale richiesta è particolarmente giustificata, considerando le diffuse condizioni di vetustà del patrimonio immobiliare e una scarsa condizione media come prestazioni termiche. Non a caso, la Commissione Europea ha individuato negli edifici l'ambito con il potenziale maggiore per il miglioramento dell'efficienza energetica: «Il maggiore potenziale di risparmio energetico è insito negli edifici. Il piano è incentrato su strumenti atti ad incentivare il processo di ristrutturazione di edifici pubblici e privati e a migliorare il rendimento energetico dei componenti e degli apparecchi in essi utilizzati» (Commissione Europea, 2011). Concetto ribadito dalla stessa Commissione Europea anche recentemente nel documento Sostegno finanziario all'efficienza energetica degli edifici del 2013 (Commissione Europea, 2013). Alla stessa conclusione, in linea con gli orientamenti europei, è giunto anche l'ENEA, che indica come cruciale l'intervento sul patrimonio immobiliare italiano: «la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio può contribuire in misura determinante al risparmio conseguibile a livello dell'intera economia nazionale. Il settore delle costruzioni ha beneficiato, in questi anni di crisi, dell'apporto positivo del comparto della manutenzione

edilizia (ordinaria, ma soprattutto straordinaria), unico contributo che ha ridotto la pesantissima caduta del settore a partire dal 2008. Infatti, gli investimenti nel settore sono riconducibili per due terzi ad interventi di recupero sul patrimonio esistente, segno evidente di una trasformazione ormai consolidata verso la riqualificazione: all'interno di tale processo ha giocato un ruolo determinante la riduzione dei consumi energetici e la sostenibilità del processo produttivo, sostenuta dalla riproposizione e rafforzamento delle misure di incentivazione. [...]

Il potenziale di sviluppo del segmento della riqualificazione energetica nel breve e medio periodo appare enorme: adottando come obiettivo raggiungibile quello di attivare, per interventi di efficientamento energetico, circa 7 miliardi di risorse dai fondi comunitari nel settennio 2014-2020 ed aggiungendo a tali risorse le previsioni di impatto della reiterazione degli incentivi nel solo periodo 2014-2016 (circa 9 miliardi di investimenti attivati), si arriva ad un impatto occupazionale atteso di oltre 237.000 occupati diretti e 355.000 complessivi» (ENEA, 2013).

Le condizioni dell'edilizia scolastica in Italia

Le condizioni medie dell'edilizia scolastica in Italia non sono buone. Indipendentemente dal campo di analisi considerato, il quadro che risulta è di un patrimonio immobiliare in condizioni inadeguate, privo spesso di quei requisiti minimi che qualsiasi edificio, pubblico o privato, e in particolar modo se destinato a ospitare un'utenza fragile, come una scuola, dovrebbe possedere.

Diversi studi, periodicamente, riportano una fotografia delle condizioni del patrimonio di edilizia scolastica in Italia, attraverso l'analisi di una serie di indicatori (l'anno di costruzione degli

ability, with particular attention to energy consumption, the opportunity to rationalize the educational infrastructure as a whole, but also the need to ensure full compliance with the functional structures that new educational methods need and a new concept of space for learning»².

The role of refurbishment in current construction sector

Refurbishment sector is currently the only one that presents a positive trend, considering recent years. Looking at the data, in fact, investments in the construction industry between 2008 and 2014 had a decrease of about 32%, in all areas (new construction, residential, non-residential, public, private, etc.) except in extraordinary maintenance, which had a growth of 20% (ANCE, 2014). Recent data on construction market show that refurbishment,

considered as sum of ordinary and extraordinary maintenance, represents two-thirds of the entire construction industry (Research Department-Department of Environment of the Chamber of Deputies/Cresme, 2014).

Scenario of today's construction sector in Italy shows that refurbishment is the one and only sector with a positive trend, coherent with the 2012/27/EU Directive on energy efficiency³, entered into force in Italy in July 2014, that requires to the Member States to adopt an action plan to finance the redevelopment of public and private residential and commercial buildings. In Italy, this request is particularly justified, considering the widespread conditions of aging of buildings and a average poor condition as thermal performance. Not surprisingly, the European Commission identifies in

the buildings sector the greatest potential to improve energy efficiency: "The greatest energy saving potential lies in buildings. The plan focuses on instruments to trigger the renovation process in public and private buildings and to improve the energy performance of the components and appliances used in them" (European Commission, 2011). Concept repeated also recently in the 2013 Financial support for energy efficiency in buildings document (European Commission, 2013). ENEA also came to the same conclusion, coherent with European guidelines, that working on Italian existing buildings is crucial: "the energy upgrading of housing stock can make a significant contribution to the savings achieved at the level of the entire national economy. The construction sector took advantages, during these years of crisis, of the positive contribu-

tion of the sector of the building maintenance (ordinary, but most extraordinary), the only sector that reduced the heavy fall of the sector since 2008. In fact, two-thirds of investment are due to interventions of recovery on existing buildings, a clear sign of a now consolidated transformation into the refurbishment: reduction of energy consumption and sustainability of the production process played a crucial role within this process, supported by revival and strengthening of incentive measures. [...]

The potential of the energy improvement sector in the short and medium term is huge: adopting as achievable goal to invest, for energy efficiency measures, about 7 billion euros from EU funds in the years since 2014 to 2020 and adding to these resources the predictions of impact recurrence of incentives in the 2014-2016 period

edifici, la presenza o meno dei certificati di prevenzione incendi, di agibilità statica, di agibilità igienico sanitaria, la collocazione o meno dell'edificio in zone a rischio sismico o idrogeologico, ecc.). Il quadro che restituiscono i dati è sconcertante e conferma la necessità di un urgente programma di interventi di riqualificazione su tutto il territorio nazionale (ANCE-CRESME, 2012; Cittadinanzattiva, 2013; Legambiente, 2013; Tuttoscuola, 2011). È in particolare un dato, riportato da Legambiente, che testimonia la gravità della situazione: il 36,7% degli edifici scolastici richiede interventi urgenti di manutenzione, in linea con quanto riportato nel Rapporto ANCE-CRESME, che calcola in circa 15.000 (circa un terzo degli edifici scolastici pubblici in Italia, che ammontano a circa 43.000) gli edifici che necessitano di interventi di manutenzione straordinaria per la messa in sicurezza (ANCE-CRESME 2012).

Prendendo ad esempio in considerazione l'anno di costruzione degli edifici scolastici, risulta come la maggior parte sia stata costruita prima del 1990. Una situazione in linea con quella dell'intero patrimonio edilizio italiano. In particolare, è evidente come buona parte delle scuole sia stata costruita antecedentemente alle prime norme antisismiche e alle leggi sul consumo energetico (Tab. 1).

La situazione non migliora se si considera la presenza del certificato di agibilità statica (secondo Cittadinanzattiva, solo il 44% delle scuole lo possiede; secondo Tuttoscuola, il 44,2%) o il certificato di agibilità igienico-sanitari (secondo Cittadinanzattiva solo il 37,5% delle scuole lo possiede; secondo Tuttoscuola solo il 35,4%). Particolarmente preoccupante è, inoltre, la situazione per quanto riguarda il rischio sismico e idrogeologico. Secondo Legambiente, infatti, il 38,4% degli edifici scolastici si trova in

aree a rischio sismico e di questi solo l'8,8% sono realizzati con criteri antisismici. Secondo ANCE-CRESME, inoltre, gli edifici scolastici situati in aree di rischio sismico sono 24.073, mentre 6.251 sono collocati in aree a elevata criticità idrogeologica (ANCE-CRESME, 2012).

In tema di efficienza energetica, le analisi riportano un miglioramento medio, ad esempio come utilizzo di fonti rinnovabili: nel periodo tra il 2009 e il 2013 le scuole che utilizzano FER sono infatti passate dal 6,3 al 13,5%; più dell'80% utilizza sistemi fotovoltaici e quasi il 25% sistemi di solare termico. Complessivamente, il 36% dei consumi energetici nazionali sono coperti da fonti rinnovabili. A fronte di questo, però, secondo Legambiente il numero di edifici costruiti con criteri di bioedilizia è pari solo allo 0,6%.

I dati riportati bastano, da soli, a sottolineare come ci sia bisogno di un profondo e diffuso intervento di riqualificazione dell'intero settore dell'edilizia scolastica, come evidenziato anche dal Rapporto CRESME, che dice come sia «necessario definire una strategia globale di intervento sul patrimonio scolastico ed avviare un piano massiccio che preveda tre grandi filoni di intervento:

- la costruzione di nuove scuole, in sostituzione di quelle obsolete, stimate in circa 15.000 unità (circa un terzo del patrimonio);
- la messa in sicurezza degli edifici esistenti;
- la riqualificazione energetica e gli adeguamenti funzionali degli edifici esistenti.»

Non a caso, da diverso tempo si sente parlare di provvedimenti a livello centrale e locale per la riqualificazione dell'edilizia scolastica (Pepe, Rossetti, 2014; Roman, 2014). Provvedimenti non sempre disponibili, ma che testimoniano comunque la volontà di prendere una direzione chiara.

ANNO DI COSTRUZIONE	
Edifici realizzati prima del 1900	5,6%
Edifici realizzati tra il 1900 e il 1940	15,0%
Edifici realizzati tra il 1941 e il 1974	40,7%
Edifici realizzati tra il 1975 e il 1990	29,2%
Edifici realizzati tra il 1991 e il 2000	4,7%
Edifici realizzati tra il 2001 e il 2012	4,8%

TAB 1 | Scuole italiane, anno di costruzione.
Fonte: Legambiente
Italian schools, year of construction.
Source: Legambiente

only (about 9 billion euros investment activated), an expected employment impact of over 237,000 direct and 355,000 total employees can be achieved” (ENEA, 2013).

Conditions of school buildings in Italy

The average condition of school buildings in Italy is not good. Regardless the considered data, the school real estate is in inadequate conditions, often without the minimum requirements that any building, public or private, should have, particularly if users are considered fragile.

Several studies, periodically, show conditions of school buildings in Italy through the analysis of several indicators (buildings year of construction, the presence fire prevention, static compliance certification, public health certification certificates, the location in areas with seismic/hydro-geological risk, etc.). Data show a discouraging picture and confirm the need for an urgent redevelopment program over all the entire national territory (ANCE-CRESME, 2012; Cittadinanzattiva, 2013; Legambiente, 2013; Tuttoscuola, 2011). One single data, especially, by Legambiente, show the gravity of the situation: 36.7% of school buildings requires urgent maintenance, coherent with data reported by ANCE-CRESME report: according to this report, about 15,000 buildings (more or less one third of 43,000 Italian public school buildings) require extraordinary maintenance for safety needs (ANCE-CRESME 2012).

Considering the year of construction, most of them were built before 1990, coherent with the entire Italian building stock. Particularly, it is evident that most of the schools were built before

Strategie di intervento sull'edilizia scolastica

Intervenire sull'edilizia scolastica è quindi una priorità, come indicato anche nel Documento di Economia e Finanza della Camera dei Deputati del 14 aprile 2014, nel quale vengono indicate nella sezione 'Scuola e Università' sei azioni prioritarie da attuare. Al primo posto vi è la realizzazione di un piano di sicurezza nelle scuole, «finalizzato al miglioramento dell'efficienza energetica, all'adeguamento antisismico e alla costruzione di nuove scuole, mediante procedure snelle di utilizzo dei fondi nazionali disponibili e dei fondi comunitari programmati».

Il potenziale è enorme, senza contare le ricadute che avrebbe, in termini di formazione, l'utilizzo di spazi funzionali, sicuri, energeticamente efficienti e informatizzati. Un recente studio del CRESME riporta come gli edifici a destinazione d'uso scolastica coprano una superficie di 73,4 milioni di m² e richiedano circa 13 miliardi di euro in spese energetiche (termico più elettrico), pari a circa 9.600 GWh. Il 20% più energivoro del parco immobiliare presenta consumi pari a circa 2.600 GWh, equivalenti a 351 milioni di euro. Intervenendo su questo 20% di edifici con un mix di soluzioni, con investimenti pari a 3,6 miliardi di euro, è possibile abbattere i consumi del 48,3%, pari a circa 159 milioni di euro, che equivarrebbero a circa il 13,1% dei consumi dell'intero parco di edilizia scolastica in Italia. Un intervento di questo tipo, sempre secondo la ricerca CRESME, potrebbe essere ripagato in circa 21 anni senza incentivi e in 7,4 anni in presenza di incentivi simili a quelli attualmente in vigore, e avrebbe una ricaduta occupazionale stimabile in quasi 54.000 nuovi posti di lavoro (CRESME, 2014).

Considerando, nello stesso tempo, la qualità degli ambienti inter-

ni, questa influenza fortemente la condizione di benessere, rendendo gradevole l'esperienza sensoriale solo in certe condizioni ambientali. Per gli spazi adibiti all'educazione è fondamentale il rispetto delle condizioni di comfort per massimizzare i benefici della relazione educativa insegnante-alunno. In conformità con la UNI EN ISO 7730:2006 è possibile definire comfort, in senso generico, la condizione mentale che esprime soddisfazione per il microclima interno nei campi dell'acustica, illuminotecnica, termoigrometria, compresa la qualità dell'aria interna.

Una riqualificazione energetica ottimale influisce positivamente proprio sul comfort termo-igrometrico interno, sia invernale che estivo, e sull'alta qualità dell'aria interna tramite soluzioni passive bioclimatiche, che utilizzano quindi le fonti naturali, come sole e vento, per riscaldare/raffrescare gli ambienti interni o per il ricambio dell'aria. La riduzione dell'utilizzo dell'impiantistica tramite la valorizzazione di strategie passive è propedeutica alla diminuzione del fabbisogno energetico di un edificio, col conseguente risparmio economico per la climatizzazione. Grazie ad appropriate strategie progettuali l'edificio può rispondere adeguatamente alle variazioni stagionali anche con un ridotto apporto impiantistico:

a. in inverno:

- ridurre le dispersioni di infissi, solai, pareti e ponti termici;
- ridurre le perdite per la ventilazione degli ambienti con l'utilizzo di ventilazione meccanica e recuperatori di calore;
- sfruttare la massa termica ponendo l'isolante sulla parte esterna delle pareti perimetrali;
- ove possibile, incrementare gli apporti termici (tramite l'orientamento e l'apertura degli infissi);

the first earthquake standards and laws on energy consumption (Table 1).

The situation is not better considering the presence of the static compliance certification (according to Cittadinanzattiva, only 44% of schools own it; according to Tuttoscuola, 44.2%) or the public health certification (according to Cittadinanzattiva only 37.5% of schools own it; according to Tuttoscuola only, 35.4%). Particularly important is also the situation regarding seismic/hydro-geological risk. According to Legambiente, in fact, 38.4% of school buildings are located in areas of seismic risk and, among these, only 8.8% are designed with seismic criteria. According to ANCE-CRESME, school buildings located in areas of seismic risk are 24,073, while 6,251 are located in areas of high criticality hydrogeological (ANCE-CRESME, 2012).

Concerning energy efficiency, data show an average improvement, such as the use of renewable sources between 2009 and 2013: schools that use RES passed from 6.3 to 13.5%; more than 80% of schools use photovoltaic systems and almost 25% use solar thermal systems. Overall, 36% of national energy consumption derives from renewable sources. However, according to Legambiente, the number of school built with green building criteria is only 0.6%.

Data are sufficient, therefore, to underline that there is need for a deep and wide redevelopment of the entire school building sector, as highlighted by CRESME report: «it is necessary to define a global strategy of intervention on school buildings and start a massive programme that includes three major areas of intervention:

- the construction of new schools, replacing the old ones, estimated to be about 15,000 units (about one third of all public schools);
- safety of existing buildings;
- upgrading energy efficiency and functional requirements of existing buildings.»

Not surprisingly, central and local authorities often promote financial measures to recover school buildings (Pepe, Rossetti, 2014; Roman, 2014). Measures not all the time available, but that still represent the will to take a clear direction.

Strategies to recover school buildings

Working on school is a priority, as highlighted in the Document of Economics and Finance of the Chambers of Deputies of April 14th 2014, that present six priority actions to be taken

in the 'School and University' section. At the first place there is the developing of a security plan for schools, "focused on improving energy efficiency, seismic adaptation and construction of new schools, using lean procedures to use national funds available and EU funds programmes".

The potential is enormous, not to mention the impact that would have, in terms of education, the use of functional, safe energy, efficient and IT oriented spaces. A recent CRESME study shows that school buildings cover an area of 73.4 million of m² and require about 13 billion euros of energy costs (thermal plus electrical), approximately 9,600 GWh. Refurbishing just the 20% most energy consumer part of schools, that use approximately 2,600 GWh, equivalent to 351 million euro, with an investment of 3.6 billion euro, it is possible to obtain a total en-

b. in estate:

- ridurre gli apporti gratuiti provenienti dalle componenti opache;
- sfruttare la massa termica per stoccare il fresco serale da utilizzare durante il giorno;
- valorizzare l'inerzia termica per garantire una lentissima variazione termica all'interno degli ambienti;
- utilizzare schermature solari (orizzontali a sud, verticali a est ed ovest);
- durante il giorno ridurre gli apporti di calore per la ventilazione degli ambienti con l'utilizzo di recuperatori di calore e impianti geotermici ad aria;
- consentire la ventilazione naturale notturna.

In fase di riqualificazione energetica alcuni limiti propri dell'edificio non permettono una completa applicazione di tutte le strategie elencate; a titolo puramente esemplificativo e non esaustivo, è difficile che le superfici trasparenti possano subire una modifica dell'orientamento. Allo stesso tempo, per massimizzare il ritorno economico e migliorare il comfort interno, è necessario che in fase progettuale si adottino tutte le necessarie strategie per l'incremento del potere termoisolante delle componenti dell'involucro, opaco e trasparente, e la risoluzione di tutti i ponti termici.

Interventi sull'edilizia scolastica: il dettaglio al centro del progetto

costruttivo possa, nello stesso momento, caratterizzare fortemente la qualità formale dell'opera e garantire elevate prestazioni in termini di efficienza energetica e contenimento dei consumi.

Alcuni esempi di recenti realizzazioni di edilizia scolastica possono mostrare in maniera esaustiva in che modo la cura del dettaglio

ergy saving of minus 13,1%, it is possible to reduce fuel consumption by 48.3%, or approximately 159 million euro, that amounts to about 13,1% of the consumption of the entire school building stock in Italy. According to CRESME, it is possible to pay it off in about 21 years without incentives and in about 7.4 years with similar incentives to those currently available, and it would have an estimated impact on employment of almost 54,000 new jobs (CRESME, 2014).

Considering, at the same time, the indoor environmental quality, it strongly affects the condition of well-being, making pleasant sensory experience only under certain environmental conditions. For educational spaces is essential to maintain the conditions of comfort to maximize the benefits of the educational relationship between teacher and student. In accordance

with the UNI EN ISO 7730:2006, it is possible to define comfort, in a generic sense, the state of mind which expresses satisfaction with the thermal, acoustics, lighting, thermo hygrometry environment, including indoor air quality.

An optimal energy requalification has a positive influence on the internal thermal comfort, both in winter and summer season, and on the indoor air quality, through passive bioclimatic solutions, that use natural resources, such as sun and wind, to heat/cool internal spaces or to change the air. The reduction in the use of plants through the enhancement of passive strategies is functional to the decrease of the energy needs of a building, with the consequent cost savings for air conditioning. With appropriate design strategies the building can adequately respond to seasonal variations even with a low plant contribution:

Il progetto di ristrutturazione e ampliamento della scuola elementare di Budoia, in provincia di Pordenone, opera di Claudio Costalonga, Brenno Sonego e Angelo Salamon, completato nel 2010, ha previsto, tra l'altro, la realizzazione di tre nuove aule con i relativi spazi di distribuzione, della biblioteca al piano seminterrato e la ristrutturazione della copertura della mensa e dell'edificio di assistenza scolastica. Quest'ultimo, in particolare, rappresenta l'intervento di maggiore connotazione del progetto: la presenza del tetto verde sulla copertura della biblioteca, infatti, svolge la duplice funzione di regolazione termica dell'ambiente interno e, nello stesso tempo, di affaccio dalla vetrata delle nuove aule, a loro volte chiuse superiormente da un altro tetto verde. Il ruolo della copertura a verde, in questo caso, è garantire prestazioni energetiche più alte e migliorare lo spazio percettivo dalle aule; una scelta risolta con l'utilizzo di un sistema di essenze a ridotto spessore di terreno (8-10 cm) e con bassa manutenzione (1-2 volte l'anno), soluzione che ha permesso contenere lo spessore complessivo della copertura, completata da uno strato in lana di roccia da 10 cm (Fig. 1).

Una scelta 'radicale' è quella portata avanti per la scuola superiore «Hannah Arendt» a Bolzano, opera dello studio CLEAA (Claudio Lucchin & Architetti Associati), completata nel 2013: si tratta infatti della prima scuola ipogea in Italia, realizzata come ampliamento della scuola superiore per le professioni sociali, nato con l'intento di non invadere il contesto storico dato dall'adiacente convento dei Cappuccini. I 17 metri di volume interrato sono comunque stati concepiti per offrire sempre all'utente la percezione di uno spazio ampio, raggiunto dall'illuminazione naturale e ricco di scorci. Particolarmente suggestiva è stata la scelta di lasciare grezza la superficie del muro di





contenimento, realizzato con intonaco a spruzzo gettato su una struttura in calcestruzzo armato e micropali, a stretto contatto con i setti in calcestruzzo che articolano lo spazio interno. La qualità dell'ambiente interno, tra i temi centrali del progetto, è stata perseguita anche grazie all'utilizzo di un giardino d'inverno, posizionato a ridosso del muro di contenimento. In questo caso, l'efficace risoluzione del particolare costruttivo del muro di contenimento e del giardino ha permesso di creare uno spazio interno di altissima qualità, caratteristico di un ambiente esterno, ma ipogeo (Fig. 2).

L'importanza del dettaglio quale elemento caratterizzante, sia dal punto di vista formale che tecnico, un progetto di riqualificazione dell'edilizia scolastica, è evidente anche nel caso della ristrutturazione e ampliamento del liceo classico di San Vito di Cadore, in provincia di Belluno, opera di Renato Damian, Cristiano Da Rin e Michael Tribus, completato nel 2011. Il blocco di ampliamento, che racchiude quattro nuove aule, è caratterizzato da un rivestimento con facciata ventilata in lastre di rame-zinco-titanio a colori sfalsati. Il rivestimento, oltre a marcare il

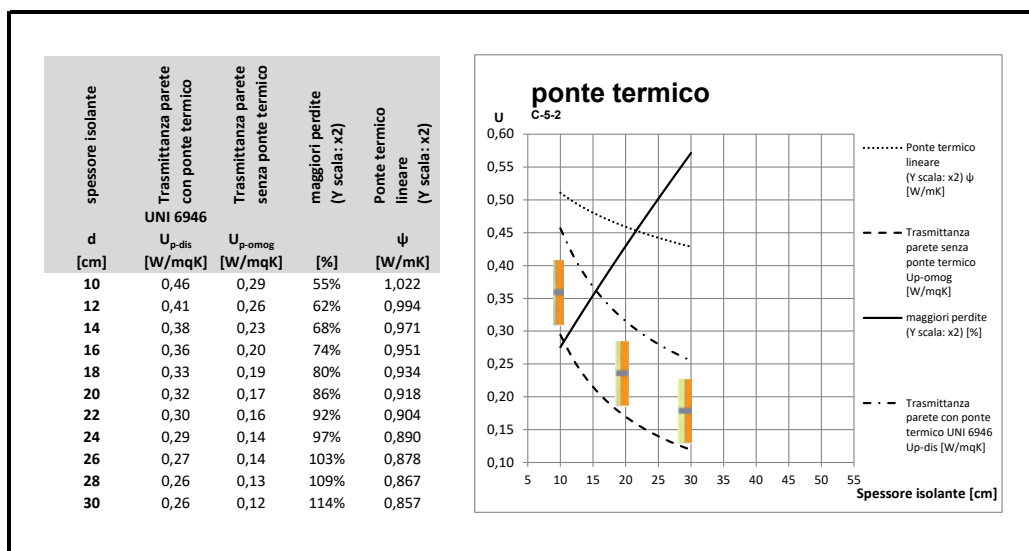
nuovo corpo di fabbrica, è complanare coi serramenti e con la facciata vetrata a doppia altezza che favorisce l'ingresso dell'illuminazione naturale ed elimina il possibile senso di chiusura dell'ambiente interrato. Il dettaglio della facciata ventilata svolge quindi il ruolo sia di identificazione dell'ampliamento, sia di miglioramento delle prestazioni energetiche, comprendendo infatti uno strato di lana di roccia a doppia densità (70 e 100 kg/m³), che ha portato l'edificio in classe A e allo standard di casa passiva (Fig. 3).

In particolare, come detto, pur intervenendo sul potere termoisolante dell'involucro opaco, non ci si deve limitare solo all'applicazione di elevati spessori di isolamento termico. Esiste una diretta proporzionalità che sussiste tra incremento di isolamento termico e incremento di incidenza delle dispersioni attraverso il ponte termico. In altre parole, meno la parete è isolata minore è l'incidenza del ponte termico (tutta la parete è caratterizzata da un'elevata dispersione termica); allo stesso tempo maggiore è lo spessore di isolamento termico applicato e più il ponte termico inciderà negativamente sulle prestazioni



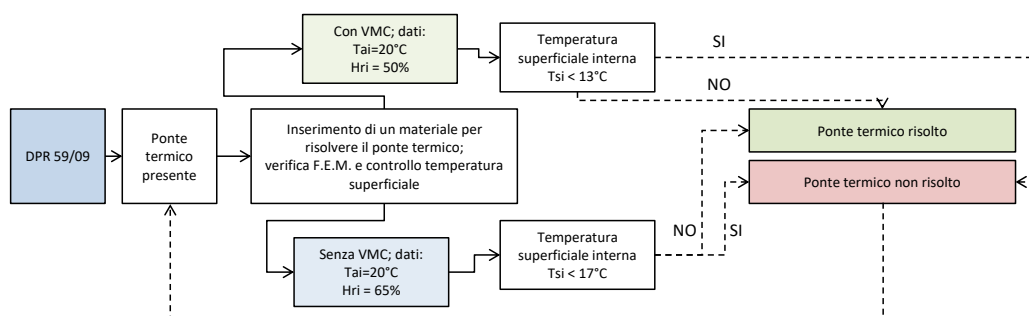
02 | Scuola Superiore "Hannah Arendt" di Bolzano, 2013; CLEAA, Claudio Lucchin & Architetti Associati; foto di Alessandra Chemollo
High school "Hannah Arendt" in Bolzano, 2013; CLEAA, Claudio Lucchin & Architetti Associati; photo by Alessandra Chemollo

03 | Liceo Classico di San Vito di Cadore, BL, 2011; arch. Renato Damian, arch. Cristiano Da Rin, arch. Michael Tribus; foto di Giuseppe Ghedina
Classical lyceum in San Vito di Cadore, BL, 2011; arch. Renato Damian, arch. Cristiano Da Rin, arch. Michael Tribus; photo by Giuseppe Ghedina



04 | Incremento dell'incidenza del ponte termico all'aumentare dello spessore di isolamento termico
Increasing of influence of thermal bridge compared to the increasing of thickness of thermal insulation

05 | Schema decisionale per il miglioramento della temperatura superficiale in conformità con le prescrizioni del DPR 59/09
Decision diagram to improve the surface temperature according to DPR 59/09 prescription



dell'involucro edilizio (Fig. 4). La progettazione del dettaglio è necessaria, quindi, per evitare situazioni di stress termico che possono provocare anche condense superficiali e, se abbinata a una cattiva tenuta all'aria dell'involucro, anche interstiziali, determinando, una volta superati i limiti di condensa ammissibile definiti nella UNI EN ISO 13788, anche dete-

rioramento strutturale delle componenti edilizie interessate. La legislazione cogente, con il DPR 59/09, ha inteso porre dei limiti di temperatura superficiale in relazione alla risoluzione o meno di un ponte termico ponendo il limite di 13°C per la temperatura superficiale interna d'angolo in presenza di ventilazione meccanica (Fig. 5).

a. in winter:

- reducing losses of windows, floors, walls, and thermal bridges;
- reducing losses for rooms ventilation using mechanical ventilation and heat recovery;
- using the thermal mass placing the insulation on the outside of the perimeter walls;
- where possible, increasing the heat input (through orientation and opening of windows);

b. in summer:

- reducing free inputs from opaque components;
- using thermal mass to store the evening cool to use during the day;
- enhancing the thermal inertia to ensure a slow temperature change within the environment;
- use solar screens (horizontal towards south, vertical towards east and west);

- during the day, reducing the heat supply for ventilation of the rooms through the use of heat recovery systems and geothermal air;
- allowing natural night ventilation.

During an energy requalification it is not always possible a full application of all the above strategies; as a non-exhaustive example, it is difficult to modify the orientation of transparent surfaces. At the same time, to maximize the economic return and improve internal comfort, it is necessary to include all strategies to increase the thermal insulation of the opaque and transparent envelope components during the design phase and the resolution of all thermal bridges.

Refurbishing school buildings: focus on detail design

Some recent examples of school refurbishment can show comprehensively how attention to detail can be crucial, at the same time, to strongly characterize the formal quality of the work and ensure high performance in terms of energy efficiency and reduced consumption. The project of renovation and expansion of the elementary school in Budonia, province of Pordenone, by Claudio Costalogna, Brenno Sonego and Angelo Salamon, completed in 2010, included, among other things, the construction of three new classrooms with their spaces distribution and of the library in the basement, and the restructuring of the roof of the canteen and of the building of educational assistance. The roof, in particular, strongly characterizes the project: the presence of the green roof over the top

floor of the library, in fact, acts dually as thermal regulation of the internal environment and, at the same time, as an outside view from new classrooms, covered by another green roof. The role of green covering, in this case, is to ensure the highest energy performance and improve perception space from classrooms; a choice resolved with the use of reduced thickness soil (8-10 cm) and with low maintenance (1-2 times per year), a solution that has allowed to contain the overall thickness of the cover, completed by a 10 cm layer of rockwool (Fig. 1). A 'radical' choice is the one carried out for the high school «Hannah Arendt» in Bolzano, by CLEAA (Claudio Lucchin & Associates Architects), completed in 2013: it is the first Italian hypogeum school, built as an extension of the school for social professions, conceived with the intent not to in-

Tale limite di temperatura risulta molto inferiore rispetto ai limiti imposti dal *Passive House Institute* e dall'Agenzia CasaClima, che per edifici NZEB prevedono temperature superficiali minime di 17°C anche in presenza di ventilazione meccanica con recupero di calore. Tali considerazioni sulla temperatura superficiale, come accennato, sono necessarie per evitare condense superficiali e muffe che possono compromettere sostanzialmente la salubrità degli ambienti interni fino a determinare la cosiddetta 'sindrome dell'edificio malato'. La muffa negli ambienti chiusi rappresenta, infatti, un rilevante pericolo sanitario. Un crescente numero di medici si sono preoccupati, da alcuni anni, di mettere in guardia contro l'effetto nocivo per la salute. Soprattutto i bambini e le persone con il sistema immunitario indebolito, per esempio soggetti allergici, sono considerati particolarmente a rischio. Le affezioni più frequenti sono quelle a carico delle vie respiratorie, predisposizione alle infezioni, allergie, emicranie e disturbi motori.

Un approccio progettuale con una visione d'insieme non può prescindere quindi da questi aspetti di dettaglio, che sono necessari per raggiungere un elevato grado di comfort e salubrità degli ambienti interni, fondamentali per gli edifici scolastici.

Conclusioni

Se è vero che, come diceva Fëdor Dostoevskij, «Il grado di civilizzazione di una società si misura dalle sue prigioni», non meno si può capire dalle scuole. Indipendentemente da qualsiasi ordine e grado, la qualità della scuola, e in particolare di quella pubblica, è sì la qualità dell'insegnamento, dei programmi, dei servizi, ma soprattutto, la qualità degli ambienti, la loro sicurezza, il livello di funzionalità e, non ultimo, la loro efficienza energetica. Non solo

in termini di riduzione dei consumi, obiettivo comunque irrinunciabile, ma anche come comfort interno. Garantire, infatti, un comfort elevato (igrotermico, acustico, luminoso), ha infatti più ricadute: come detto, genera un incremento dell'efficienza energetica, ma anche un miglioramento del benessere (e di conseguenza una più alta salubrità degli ambienti), ed è, in ultima analisi, un esempio formativo, in particolare sugli utenti più piccoli, che possono toccare con mano gli effetti di una politica virtuosa, finalizzata al miglioramento degli edifici dove passano la maggior parte della giornata. In tale ambito, la cura del dettaglio è cruciale, e dovrebbe realmente trovare collocazione al centro del progetto.

NOTE

¹ Audizione del Ministro dell'istruzione, dell'università e della ricerca, senatrice Stefania Giannini, sulle linee programmatiche del suo dicastero, seduta del 1° aprile 2014.

² Audizione dell'ANCE sulla situazione dell'edilizia scolastica in Italia. Indagine conoscitiva della Commissione VII (Cultura, Scienza e Istruzione) della Camera dei Deputati, 18 settembre 2013.

³ Direttiva 2012/27/UE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 25 ottobre 2012 sull'efficienza energetica.

REFERENCES

ANCE (2014), Direzione Affari Economici e Centro Studi, *Osservatorio congiunturale sull'industria delle costruzioni*.

ANCE-CRESME (2012), Direzione Affari Economici e Centro Studi, *Lo stato del territorio italiano 2012. Insediamento e rischio sismico e idrogeologico*.

Antonini, E. and Boeri, A. (2011), *Progettare scuole sostenibili. Criteri, esempi e soluzioni per l'efficienza energetica e la qualità ambientale*, EdicomEdizioni, Monfalcone.

vade the historical context of the adjacent Capuchin monastery. The 17 meters of hypogeum volume are however designed to always offer to user the perception of a large space, achieved from the outside and rich of views. Particularly striking was the choice of leaving the rough surface of the enclosure wall, made of sprayed plaster on a micro piles and reinforced concrete structure, at close contact with the concrete walls that divide the interior space. The quality of the indoor environment, among the most important themes of the project, was also pursued through the use of a winter garden, located behind the enclosure wall. In this case, the design of the detail of the enclosure wall and of the garden allowed to create an internal space of the highest quality, characteristic of an external environment, but underground (Fig. 2).

The importance of detail as a characterizing element, both formally and technically, on a redevelopment project of school, is also evident in the case of the renovation and expansion of the high school in San Vito di Cadore, near Belluno, of Renato Damian, Cristiano Da Rin and Michael Tribus, completed in 2011. The extension, which encloses four new classrooms, is characterized by a cladding with a ventilated façade slabs of copper-zinc-titanium with staggered colours. The cladding, that emphasises the new building, is coplanar with windows and with a double height glass façade that helps the entrance of natural lighting and eliminates the possible sense of closure in the basement. The detail of the ventilated facade therefore plays the role of both identifying the enlargement, both improving energy performance: it in fact in-

cludes a layer of double density rock wool (70 to 100 kg/m³), which resulted in a class A and passive house standard building (Fig. 3).

In particular, as mentioned, even if working on the heat-insulation of the opaque envelope, this shouldn't only be limited to the application of thick layers of thermal insulation. There is a direct proportion between to increasing of thermal insulation and incidence of the dispersions through the thermal bridge. In other words, the less the wall is isolated, the lower is the importance of the thermal bridge (the whole wall is characterized by high thermal dispersion); at the same time the greater the thickness of thermal insulation applied, the more the thermal bridge will adversely affect the performance of the building envelope (Fig. 4).

The design of the detail is required, therefore, to avoid situations of heat

stress that can also cause condensation surface and, when combined with poor air tightness of the housing, even interstitial, determining, once exceeded the limits of permissible condensation of UNI EN ISO 13788, also structural deterioration of the building components.

The binding legislation, with the DPR 59/09, intends to establish a level of surface temperature in relation to a thermal bridge, defining a surface temperature of 13°C for the internal corner in presence of mechanical ventilation (Fig. 5).

This temperature limit is much lower than limits imposed by Passive House Institute and KlimaHaus Agency for NZEB, that requires minimum surface temperatures of 17°C even in presence of mechanical ventilation with heat recovery. These considerations on the surface temperature, as mentioned,

Boarin, P. (2010), *Edilizia scolastica. Riqualificazione energetica e ambientale. Metodologie operative, requisiti, strategie ed esempi per gli interventi sul patrimonio esistente*, EdicomEdizioni, Monfalcone.

BPIE (Building Performance Institute Europe) (2011), *Europe's buildings under the microscope. A country-by-country review of the energy performance of buildings*.

Cittadinanzattiva (2013), *Sicurezza, qualità, accessibilità a scuola*, XI Rapporto Nazionale di Cittadinanzattiva.

Commissione Europea (2011), *Piano di Efficienza Energetica 2011*, COM(2011) 109 definitivo.

Commissione Europea (2013), *Sostegno finanziario all'efficienza energetica degli edifici*, COM (2013) 225 final.

CRESME (2014), *RIUSO03. Ristrutturazione edilizia, riqualificazione energetica, rigenerazione urbana*.

ENEA (2013), *Rapporto annuale efficienza energetica 2012. Executive summary*.

Legambiente (2013), *Ecosistema Scuola. XIV Rapporto di Legambiente sulla qualità dell'edilizia scolastica, delle strutture e dei servizi*.

Pepe, D. and Rossetti, M. (2014), *La riqualificazione energetico-funzionale degli edifici scolastici*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna.

Pepe, D. (2009), *Scuole ecocompatibili. Dal nido per l'infanzia all'istituto superiore*, Dei, Roma.

Roman, O. (2014), *L'edilizia scolastica. Un'emergenza nazionale*, Ediesse, Roma.

Servizio Studi-Dipartimento Ambiente della Camera dei Deputati/CRE-SME (2013, aggiornato al 17 giugno 2014), *Il recupero e la riqualificazione energetica del patrimonio edilizio: una stima dell'impatto delle misure di incentivazione*.

Tedesco, S. (2010), *Riqualificazione energetico-ambientale del costruito: edifici scolastici*, Alinea, Firenze.

Tuttoscuola (2011), *2° rapporto sulla qualità nella scuola*.

are necessary to avoid condensation surface and mold that can heavily influence indoor air quality, up to determine the so-called 'sick building syndrome'. Indoor mold is, in fact, a significant health hazard. A growing number of doctors concerned for years to warn against the potentially harmful to health. Especially children and people with weakened immune systems, such as allergy sufferers, are considered particularly at risk. The most frequent diseases are those affecting the airways, susceptibility to infections, allergies, migraines and motor disorders.

A design approach with a holistic approach cannot be divided from the importance of details, that are necessary to achieve a high degree of comfort and healthy indoor air, fundamental for school buildings.

Conclusion

If it is true that, as Fyodor Dostoyevsky said, «the degree of civilization in a society can be judged by entering its prisons», it is also true for schools. Regardless of whatever order and degree, the quality of the school, and especially of public ones, is indeed the quality of teaching, programs, services, and above all, the quality of the environment, their safety, the level of functionality and, not least, their energy efficiency. Not only in terms of reducing consumption, but also as internal comfort. Ensuring, in fact, a high degree of comfort (hygrothermal, acoustic, luminous), has several impacts: as mentioned, generates an increase in energy efficiency, but also improve the well-being (and therefore a higher health of the environment), and is, ultimately, an example for education, especially on smaller users,

who can touch the effects of a virtuous policy, focused to improve the buildings where they spend most of their days. In this context, the attention to detail is crucial, and should really find a place at the center of the project.

NOTES

¹ Audition of Italian Minister of education and research, Senator Stefania Giannini, on guidelines of the Ministry, April, 1st 2014.

² ANCE audition about conditions of school buildings in Italy. Commissione VII (Culture, Science and Education) of Chambers of Deputies finding investigation, September 18th, 2013.

³ Directive 2012/27/EU of the European Parliament and of the Council of October 25th 2012 on energy efficiency.